

М.М. Підгаєцький, доц., канд. техн. наук, О.І. Скібінський, ст. викл., канд. техн. наук.

Кіровоградський національний технічний університет

Аналіз процесу формоутворення робочого профілю цівкового колеса позацентроїдної епіциклоїдальної передачі інструментом з опукло-увігнутою формою різальної кромки

В статті розроблено методику та виконано аналіз формоутворення робочого профілю цівкового колеса позацентроїдної епіциклоїдальної передачі внутрішнього зачеплення в умовах моделювання реального процесу обробки.

Досліджено, що точність форми при обробці інструментом з опуклою формою різальної кромки майже в два рази вища ніж при обробці інструментом з увігнутою формою різальної кромки.

формоутворення, цівкове колесо, опукло-увігнута різальна кромка, моделювання, експеримент

Методика оцінки впливу форми різальної кромки опукла–увігнута інструмента на умови різання.

Відомо, що максимальний знос при обробці проходить по задніх гранях тих різальних кромки, які складають малі кути в плані з напрямком вектора подачі [1].

Зі зменшенням кута в плані збільшуються напруження зсуву і виникають значні деформації зрізаного шару матеріалу. Інтенсивна деформація викликає збільшення сили різання до 20% [1].

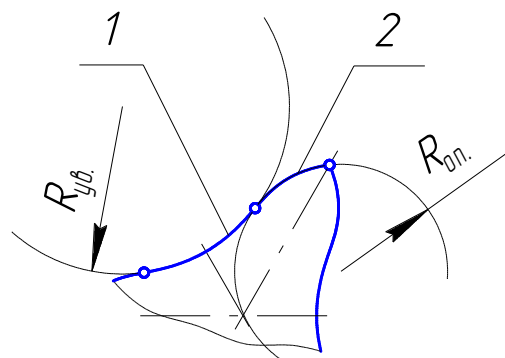
Для оцінки кутів в плані при формоутворенні робочих поверхонь цівкових коліс багатозубими інструментами з опукло-увігнутою формою різальної кромки [2] доцільно провести дослідження окремо опуклою та увігнутою частинами різальної кромки.

Для здійснення цього необхідно створити процес моделювання обробки, який буде максимально адекватним до реального процесу.

При цьому необхідно забезпечити відповідність таким умовам:

- розглядаються окремо два інструменти, перший із яких повторює опуклу частину різальної кромки багатозубого інструмента із опукло-увігнутою формою різальної кромки, а другий - увігнуту;

- опукла і увігнута різальні кромки, які в реальному процесі повторюють відповідні ділянки еквідистанти до епіциклоїди при моделюванні замінюються дугами



1 - увігнута різальна кромка; 2 - опукла різальна кромка.

Рисунок 1 - Заміна увігнутої та опуклої ділянок інструмента на радіусні.

кіл, що мають радіуси максимально наближені до відповідних радіусів кривизни еквідистанти до епіциклоїди (рис. 1);

- радіус дуги кола, що замінює увігнуту частину різальної кромки багатозубого інструмента $R_{ув.}$ завжди більший за радіус дуги кола, що замінює опуклу частину різальної кромки багатозубого інструмента $R_{он.}$;

- радіус кривизни цівки оброблюваного цівкового колеса приймаємо рівним нескінченності;

- колова подача при обробці перетворюється в прямолінійну уздовж оброблюваної поверхні;

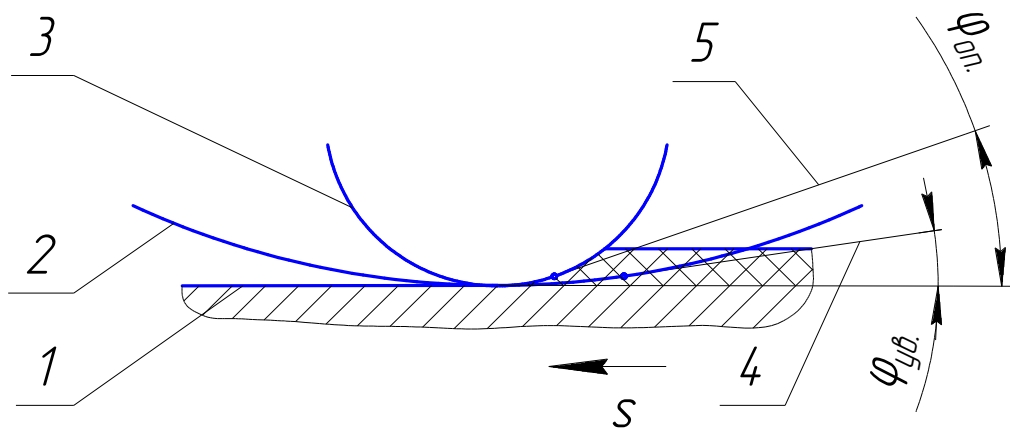
- інструмент виконує зворотно поступальний рух різання.

Процес формоутворення опуклою і увігнутою різальними кромками розглядається теоретично для попереднього визначення умов обробки. Крім того необхідно виконати експериментальне дослідження згідно окремої методики для визначення фактичних результатів обробки по точності і шорсткості.

Аналіз впливу форми різальної кромки опукла–увігнута на умови різання.

Відповідно до прийнятої методики проаналізовано вплив опуклої та увігнутої форми різальної кромки інструмента на величину головного кута в плані.

Як видно із схеми різання (рис. 2) головний кут в плані $\varphi_{ув.}$ при обробці інструментом з увігнутою формою різальної кромки менший ніж кут в плані $\varphi_{он.}$ при обробці інструментом з опуклою формою різальної кромки. Тому інструмент із увігнутою формою різальної кромки матиме більший знос по задніх гранях, значні деформації зрізаного шару матеріалу [1] у порівнянні із інструментом із опуклою формою різальної кромки.



1- умовна оброблювана поверхня; 2- умовна різальна кромка інструмента увігнутої форми; 3- умовна різальна кромка інструмента опуклої форми; 4- дотична до кромки 2; 5- дотична до кромки 3; $\varphi_{ув.}$ - кут в плані отриманий кромкою 2; $\varphi_{он.}$ - кут в плані отриманий кромкою 3; s- вектор поздовжньої подачі.

Рисунок 2 - Схеми різання інструментами із опуклою та увігнутою формами різальних кромок.

Таким чином проведений аналіз дає можливість стверджувати, що обробка інструментом із увігнутою формою різальної кромки приводить до збільшення сили різання у порівнянні із силами при обробці інструментом із опуклою формою різальної кромки, що при недостатній жорсткості додасть пружних деформацій системи

інструмент-оброблюване цівкове колесо і приведе до неточностей оброблених поверхонь.

Методика дослідження точності обробки при формоутворенні однозубими інструментами з опуклою та увігнутою формами різальної кромки в умовах моделювання процесу.

Так як метою є дослідження тільки впливу форми (опукла, увігнута) різальної кромки інструмента на точність обробки, то експерименти проводились в умовах моделювання. Моделювання дає можливість оцінити загальну картину впливу форми (опукла, увігнута) виробних поверхонь різальних інструментів на точність обробки та спрощує експерименти.

Умови моделювання:

- в якості заготовок, що оброблюються приймаємо заготовки циліндричної форми із радіусом, який дорівнює радіусу цівки цівкового колеса;
- в якості інструмента із опуклим виробним профілем застосовуємо інструмент із опуклим радіусним профілем, радіус якого $R_{оп.}$;
- в якості інструмента із увігнутим виробним профілем застосовуємо інструмент із увігнутим радіусним профілем, радіус якого $R_{ув.}$;
- радіуси опуклого та увігнутого профілів приймаємо умовно рівними.

На рис. 3 представлені схеми обробки циліндричної заготовки однозубими інструментами з опуклою та увігнутою радіусними формами різальної кромки.

Для оцінки впливу опуклої та увігнутої форми різальної кромки на точність формоутворення в лабораторних умовах була проведена серія дослідів на довбальному верстаті моделі 7A420 при обертальному русі заготовок навколо власної вісі. Інструмент при цьому виконував тільки рух різання.

Геометрія інструментів наведена в табл. 1.

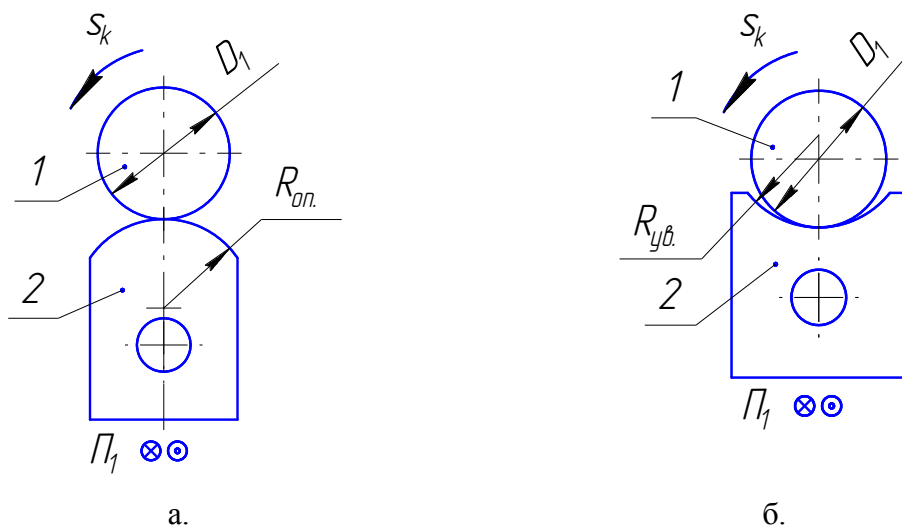
Таблиця 1 - Параметри інструментів по 2-й серії дослідів.

№ п.п	Найменування параметру, одиниця виміру	Позначення параметру	Чисельне значення	Джерело інформації
1. Однозубий інструмент з опуклою різальною кромкою				
1.1	Радіус дуги кола, яка визначає опуклий виробний профіль, мм	$R_{оп.}$	30	Розрахунок
1.2	Задній кут, град.	α	6	[3]
1.3	Передній кут, град.	γ	5	-//-
2. Однозубий інструмент з увігнутою різальною кромкою				
2.1	Радіус дуги кола, яка визначає увігнутий виробний профіль, мм	$R_{ув.}$	30	Розрахунок
2.2	Задній кут, град.	α	6	[3]
2.3	Передній кут, град.	γ	5	-//-

Кожним інструментом було оброблено по 10 заготовок із режимами обробки відповідно до табл. 2.

Після обробки партії деталей виконувалось вимірювання похибки профілю обробленої циліндричної поверхні заготовки за допомогою коломіру мод. TALYROND-73 ф. TAYLOR HOBSON (Великобританія), а також шорсткості оброблених поверхонь, за допомогою профілографа-профілометра мод. TALYSURF 5 SYSTEM, ф. TAYLOR-HOBSON (Великобританія).

Вплив форми різальної кромки опукла або увігнута визначався по результатах відхилень від круглості оброблених поверхонь, та шорсткості оброблених поверхонь.



а.- інструментом з опуклою формою різальної кромки;
 б.- інструментом з увігнутою формою різальної кромки:
 1–заготовка; 2–інструмент; D_1 – діаметр зовнішньої циліндричної поверхні заготовки; $R_{оп.}$ – радіус кола, яке визначає опуклий виробний профіль інструмента; $R_{ув.}$ – радіус кола, яке визначає увігнутий виробний профіль інструмента; s_k –колова подача; Π_1 –зворотно поступальний рух інструмента.

Рисунок 3 - Схеми обробки циліндричної заготовки.

Таблиця 2 - Режими обробки по 2-й серії дослідів.

№ п.п	Найменування параметру, одиниця виміру	Позначення параметру	Чисельне значення	Джерело інформації
1	Швидкість різання, м/хв	v	25.0	[3]
2	Колова подача, мм/подв.хід	s_k	0,1	-//-
3	Радіальна подача, мм/подв.хід	s_p	0.05	-//-
4	Припуск на обробку, мм	h	0,4...0,5	-//-

Результати дослідження точності обробки при формоутворенні однозубими інструментами з опуклою та увігнутою формами різальної кромки в умовах моделювання.

Експерименти проведені згідно розробленої методики. Для проведення експериментів використовувались однозубі інструменти із опуклою та увігнутою формами різальної кромки (рис. 4).



Рисунок 4 - Різальні пластини: а.- опуклої радіусної форми; б.- увігнутої радіусної форми.

На рис. 5 показана експериментальна обробка циліндричної заготовки інструментами з опуклою та увігнутою формами різальної кромки відповідно.

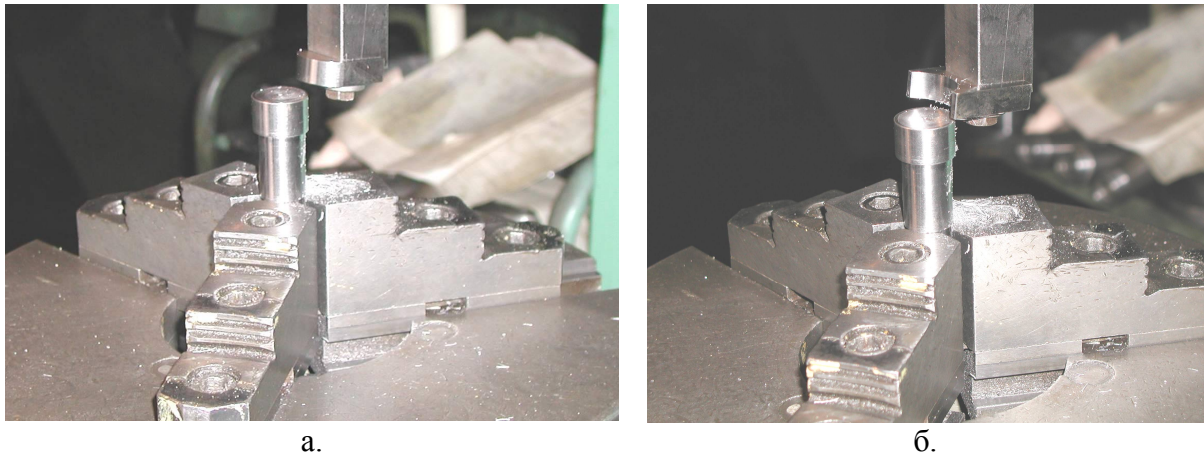
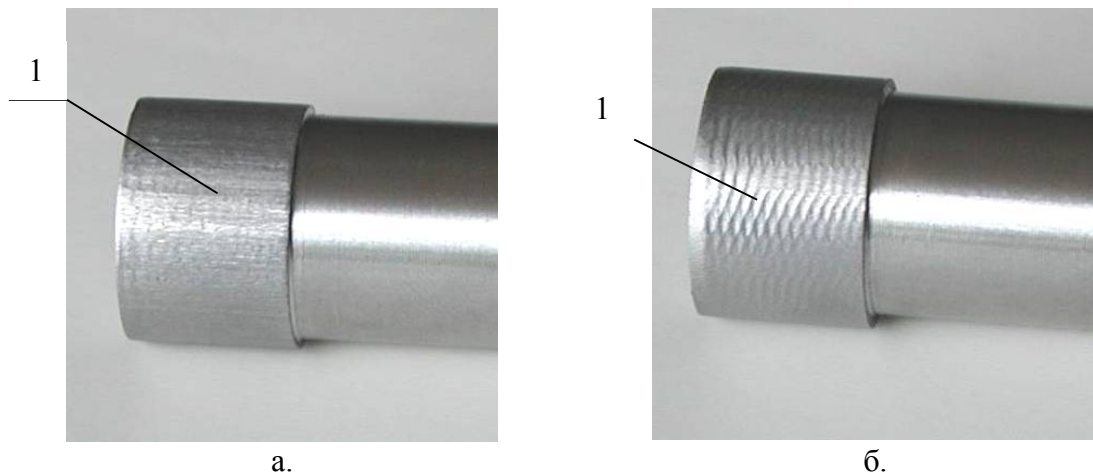


Рисунок 5 - Експериментальна обробка циліндричної заготовки на довбальному верстаті моделі 7A420 інструментами із: а.- опуклою радіусною різальною кромкою; б.- увігнутою радіусною різальною кромкою.

В зв'язку із виникненням значних зусиль при знятті шару матеріалу, що пояснюється формою інструмента, довжиною лінії контакту, значеннями сил різання та їх перемінності при обробці інструментом увігнутої форми на обробленій поверхні деталі видно сліди вібрацій (рис. 6 б.), а при обробці інструментом опуклої форми маємо стабільні риски (рис. 6 а.), якими і характеризується процес довбання (зубодовбання).

Аналіз колограм (рис. 7) до обробки, після обробки інструментом опуклої форми та після обробки інструментом увігнутої форми показує, що точність форми при обробці інструментом з опуклою формою різальної кромки майже в два рази вища ніж при обробці інструментом з увігнутою формою різальної кромки.



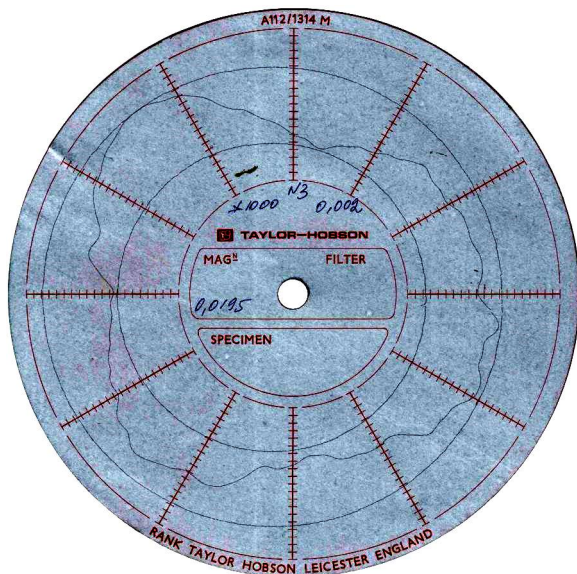
1– оброблена поверхня.

Рисунок 6 - Деталі оброблені інструментами із: а.- опуклою формою різальної кромки; б.- увігнутою формою різальної кромки.

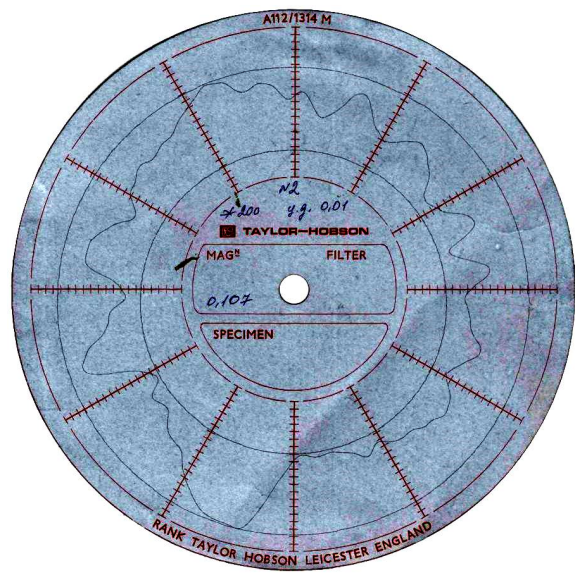
Шорсткість поверхонь при обробці інструментом опуклої форми знаходилась в межах $R_a 2,2...4,2$ мкм, а при обробці інструментом увігнутої форми – $R_a 2,4...4,0$ мкм.

Про нестабільність процесу формоутворення інструментом з увігнутою формою різальної кромки говорить і дослідження типу стружки (рис. 8 а.) у порівнянні із типом

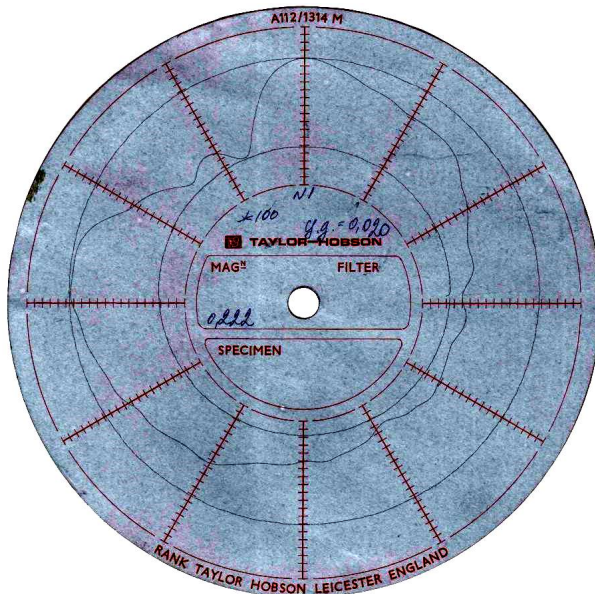
стружки (рис. 8 б.) при формоутворенні інструментом з опуклою формою різальної кромки.



а.



б.



в.

Рисунок 7 - Колограми циліндричної поверхні:
а.- до обробки; б.- після обробки інструментами опуклої форми; в.- після обробки інструментом увігнутої форми.



а.



б.

Рисунок 8 - Стружка яка отримується при формоутворенні інструментами з: а.- опуклою різальною кромкою; б.- увігнутою різальною кромкою.

При обробці інструментом з опуклою формою різальної кромки стружка складається приблизно із однакових сегментів невеликої довжини (2,7...4,2 мм). Стружка при обробці інструментом з увігнутою формою різальної кромки має сегменти значно більшої довжини (8,1...12,2 мм), тому при формоутворенні виникають значні зусилля, що при недостатній жорсткості інструмента, приводить до неточностей оброблених поверхонь.

Список літератури

1. Медведицков С.Н. Высокопроизводительное зубонарезание фрезами, М., Машиностроение, 1981. – 137 с.
2. Підгаєцький М.М., Скібінський О.І. Дослідження кривих, які визначають профіль інструмента для обробки цівкового колеса позацентроїдної епіциклоїдальної цівкової передачі // Збірник наукових праць Кіровоградського державного технічного університету. Техніка в сільськогосподарському виробництві, галузеве машинобудування, автоматизація.– Кіровоград, 2003.– Вип. 13.– С. 294–300.
3. Овумян Г.Г., Адам Я.И. Справочник зубореза М., Машиностроение, 1983. - 223 с.
4. Овумян Г.Г., Езерский Е.В., Хухрий С.А. Повышение производительности и качества чистового зубонарезания М., Машиностроение, 1979. - 64 с.
5. Родин П.Р. Металлорежущие инструменты.–К.: Вища школа, 1979.–432с.
6. Справочник инструментальщика / И.А. Ординарцев, Г.В. Филиппов, А.Н. Шевченко и др. –Л.: Машиностроение, 1987. – 846 с.

В статті розроблена методика і виконан аналіз формообрання робочого профіля цевочного колеса внецентроидной эпициклоидальной передачи внутреннего зацепления в условиях моделирования реального процесса обработки.

Исследовано, что точность формы при обработке инструментом с выпуклой формой режущей кромки почти в два раза выше, чем при обработке инструментом с вогнутой режущей кромкой.

In clause the technique is developed and is analysed of process forming working surfaces by the cogwheels working structure of extracentroid epicycloidal transfer of internal gearing. to conditions of modelling of real process of processing.

It is investigated, that accuracy of the form at processing by the tool with the convex form of a cutting edge almost twice above than at processing by the tool with the concave cutting edge.